

DIALELO PARCIAL ENTRE CLONES DE *Eucalyptus camaldulensis* E CLONES DE *E. urophylla*, *E. grandis* E *E. saligna*¹

Odair Bison², Magno Antônio Patto Ramalho³, Gabriel Dehon S. P. Rezende⁴, Aurélio Mendes Aguiar⁵ e Marcos Deon Vilela de Resende⁶

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi identificar combinações híbridas superiores nos cruzamentos entre clones-elite de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. saligna* com clones-elite de *E. camaldulensis* da Aracruz Celulose S.A., por meio de cruzamentos dialélicos parciais. Para isso, as 44 combinações híbridas obtidas e mais quatro testemunhas foram plantadas de setembro a outubro de 2001, em três localidades: Aracruz, ES; São Mateus, ES; e Caravelas, BA, no delineamento de blocos casualizados com 40 repetições e uma planta por parcela. Dois anos após o plantio, foram avaliadas a circunferência à altura do peito (CAP) e a densidade básica da madeira (DEN). Os dados médios foram submetidos à análise dialélica segundo o método de Griffing (1956), adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988). Constatou-se que muitos híbridos foram promissores tanto para a obtenção de ganhos em CAP quanto para obter a densidade da madeira, pois associaram média e variância altas. A maior parte da variação entre os híbridos foi explicada pela capacidade geral de combinação, indicando a predominância de efeitos aditivos no controle dos caracteres.

Palavras-chave: Eucalipto, melhoramento e capacidade de combinação.

HALF-DIALLEL BETWEEN *Eucalyptus camaldulensis* CLONES AND *E. grandis*, *E. urophylla*, AND *E. saligna* CLONES

ABSTRACT – The objective of this research was to evaluate the hybrid potential between *E. grandis*, *E. urophylla* and *E. saligna* clones from Aracruz Celulose S. A. with *E. camaldulensis* clones. To do so, six elite clones were crossed with ten *E. camaldulensis* clones, in a half-diallel mating design. The resulting hybrid combinations as well as the four check clones were carried out from September to October 2001, in three sites, Aracruz and São Mateus, in the Espírito Santo State, and Caravelas, Bahia State, in a completely randomized block design with single plant plots and 40 replicates. Two years later, the circumference at breast height and the wood basic density were measured. The means were submitted to a diallel analysis, according to the Griffing (1956) method, adapted by Geraldi and Miranda Filho (1988). It was observed that the diallel crossings were promising for both the wood volume and wood quality gain. The general combining ability was responsible for most of the variations between the hybrids.

Keywords: *Eucalyptus*, breeding and combining ability.

¹ Recebido em 04.07.2007 e aceito para publicação em 24.04.2009.

² Centro de Tecnologia Canavieira, Variedades. Faz. Santo Antônio s/n. Santo Antônio 13400-970 - Piracicaba, SP.

³ Departamento de Biologia da Biologia. E-mail: <magnoapr@ufla.br>.

⁴ RAIZ - Instituto de Investigação da Floresta e Papel, Aveiro, Portugal. E-mail: <gabriel.dehon@portucelsoporcel.com>.

⁵ Aracruz Celulose S.A. Rua São Geraldo 1800, Ermo 92500-000 - Guaíba, RS - Brasil. E-mail: <amendes@aracruz.com.br>.

⁶ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Colombo, PR. E-mail: <deon@cnpf.embrapa.br>.

1. INTRODUÇÃO

No melhoramento de qualquer espécie, o importante é obter populações segregantes que associem média alta com a maior variância possível. Para identificar populações segregantes que associem esses dois atributos há algumas metodologias. Uma das mais utilizadas são os cruzamentos dialélicos que, além de permitir identificar as populações segregantes mais promissoras, possibilitam obter informações a respeito do controle genético dos caracteres (CRUZ et al., 2004).

No caso do *Eucalyptus*, visando à produção de celulose no Brasil, os trabalhos de seleção têm se concentrado em populações e, ou, clones das espécies *E. grandis* e *E. urophylla*, ou híbridos entre elas. Essas duas espécies são bem adaptadas e têm possibilitado ganhos expressivos em volume de madeira (VENCOVSKY e RAMALHO, 2000; GONÇALVES et al., 2001). Contudo, é importante a introgressão de alelos de outras espécies visando ampliar a base genética e também possibilitar o melhoramento para outros caracteres, além do volume. Uma das opções é o cruzamento dos melhores clones utilizados pelas empresas de celulose com clones superiores de *E. camaldulensis*, que também é adaptado às condições de cultivo prevalentes no Brasil e associa bom volume de madeira com alta densidade.

Informações a respeito do controle genético de caracteres do gênero *Eucalyptus* no Brasil têm sido obtidas em várias oportunidades, utilizando progênies de meios-irmãos (PAULA et al., 1996; GONÇALVES et al., 1997). Contudo, são escassas as informações a respeito da capacidade de combinação que possam orientar os futuros trabalhos de melhoramento envolvendo hibridações, sobretudo entre clones.

Os objetivos deste trabalho foram identificar combinações híbridas superiores nos cruzamentos entre clones-elite de *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. saligna* com clones-elite de *E. camaldulensis* e verificar qual

o tipo de interação alélica predominante na expressão da circunferência à altura do peito e densidade da madeira.

2. MATERIALE MÉTODOS

Foram avaliadas combinações híbridas provenientes de um dialelo parcial entre seis clones-elite de eucalipto da Aracruz Celulose S.A. (Tabela 1) e 10 clones de *E. camaldulensis* da V & M Florestal Ltda. Das 60 combinações possíveis, foram obtidas e avaliadas 44. Para a realização dos cruzamentos, pólen de 10 clones superiores de *E. camaldulensis* da Empresa V & M Florestal Ltda. foi enviado para a Aracruz Celulose S.A. Desse modo, a propriedade desses clones ficou preservada pela empresa detentora deles. As sementes híbridas foram obtidas em cruzamentos realizados na área experimental da empresa Aracruz Celulose S.A., as quais foram coletadas e semeadas em tubetes na casa de vegetação para a obtenção das mudas. Também foram produzidas mudas dos quatro clones utilizados como testemunhas, os de números 1 a 4 (Tabela 1).

Os dialelos foram avaliados em três locais de plantio comerciais da empresa Aracruz Celulose S.A., que foram Aracruz, ES, 19° 50' 19" de latitude S e 40° 12' 43" de longitude W, São Mateus, ES, 18° 36' 13" de latitude S e 40° 01' 32" de longitude W e Caravelas, BA, 17° 47' 17" de latitude S e 39° 33' 57" de longitude W. O experimento foi instalado de setembro a outubro de 2001, adotando-se o delineamento de blocos casualizados com 40 repetições e uma planta por parcela, com espaçamento entre plantas de 3 x 3 m. Os clones de números 1 a 4 foram incluídos como testemunhas nos três experimentos. O manejo dos experimentos foi o mesmo adotado no plantio comercial.

Dois anos após a implantação dos experimentos foram tomados os seguintes dados:

- Circunferência à altura do peito (cm); e

Tabela 1 – Relação dos clones-elite utilizados nos cruzamentos com *E. camaldulensis*
Table 1 – List of the elite clones used in the crossings with *E. camaldulensis*

Clones-elite	Origem
1	Híbrido cuja mãe é de <i>E. grandis</i> , de Rio Claro, SP
2	Híbrido cuja mãe é de <i>E. saligna</i> , de Rio Claro, SP
3	Híbrido cuja mãe é de <i>E. urophylla</i> , de Rio Claro, SP
4	Híbrido cuja mãe é de <i>E. grandis</i> , de Rio Claro, SP
5	Híbrido de <i>E. urophylla</i> , de Flores-Indonésia
6	Híbrido de <i>E. grandis</i> , de Zimbábue

- Penetração da agulha do pilodyn na madeira (mm).

A partir da avaliação realizada com o pilodyn, foi estimada a densidade básica da madeira (kg/m^3), pela expressão: Densidade = $615 - 11 \times \text{Leitura do pilodyn}$. Para a obtenção dessa expressão, anteriormente foram avaliadas 142 árvores de diferentes espécies de eucalipto, com dois anos de idade, utilizando-se o pilodyn, e, em seguida, determinou-se a densidade básica da madeira no laboratório. A partir dessas avaliações foi construída a equação de regressão entre a leitura do pilodyn e a densidade básica da madeira.

Foi realizada, inicialmente, a análise de variância por local, em cada experimento e, posteriormente, a análise de variância conjunta. As análises de variância foram feitas empregando-se o *Procedure for General Linear Models* (PROC GLM) do SAS® (SAS, 2000).

Utilizando-se os dados médios por local e na análise conjunta, foram obtidas as estimativas da capacidade de combinação, usando o modelo de Griffing (1956), adaptado aos cruzamentos dialélicos parciais por Geraldi e Miranda Filho (1988). Considerando que nem todas as combinações foram obtidas e que houve diferenças no número de repetições, as análises dialélicas foram realizadas pelo método dos quadrados mínimos, utilizando-se o *Procedure for Interactive Matrix Language* (PROC IML) do SAS® (SAS, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos seis clones-elite utilizados nos cruzamentos com *E. camaldulensis*, dois de número 5 e 6 são híbridos interespecíficos e quatro devem ser híbridos naturais, em que se conhece apenas a espécie materna, duas

de *E. grandis* (clones 1 e 4), uma *E. saligna* (clone 2) e uma de *E. urophylla* (clone 3). Provavelmente, as plantas que originaram esses clones são híbridos interespecíficos devido ao grande número de espécies introduzidos no Horto Florestal de Rio Claro, SP, e a possibilidade de ocorrência de cruzamento entre eles.

Nas análises conjuntas, as interações envolvendo híbridos e testemunhas x locais foram significativas ($P < 0,01$). Contudo, a contribuição da interação para a variação total foi pequena com relação a ambos os caracteres avaliados. Para a circunferência à altura do peito (CAP), por exemplo, a soma de quadrados (SQ) da interação foi de apenas 17% da SQ dos tratamentos. Constatou-se também que embora fosse detectada diferença significativa ($P < 0,01$) entre locais, o desempenho médio variou pouco entre eles (Tabela 2). Dessa forma, os resultados serão apresentados com ênfase na média dos três locais.

O desempenho médio dos híbridos foi 4,1% inferior ao da média das testemunhas para a CAP. No caso da densidade básica da madeira (DEN), a média dos híbridos foi 1% superior à média das testemunhas (Tabela 2). Tomando como referência o clone 4, o mais utilizado pela empresa, verificou-se para a CAP que o seu desempenho médio foi superior ao dos demais clones-testemunha avaliados (Tabela 3). Veja, contudo, que três dos híbridos (6 x 1, 6 x 2 e 2 x 7) ficaram no mesmo grupo do clone 4. Esse fato é mais expressivo quando se considera que o desempenho dos híbridos é proveniente da média de 40 plantas em cada local e que, como a variação genética entre elas é grande, é provável que novos clones com volume de madeira superior ao do clone 4 possam ser obtidos.

Tabela 2 – Média dos híbridos e testemunhas para a circunferência à altura do peito (CAP) e a densidade básica da madeira (DEN), obtidas na avaliação de cruzamentos dialélicos entre clones de *E. camaldulensis* e clones-elite aos 2 anos de idade

Table 2 – Means of the hybrids and controls for the circumference at breast height (CAP) and basic wood density (DEN) obtained in the evaluation of diallel crossings between two-year-old elite clones and *E. camaldulensis*

Caractere		Locais			
		Aracruz	São Mateus	Caravelas	Conjunta
CAP (cm)	Média dos híbridos	28,99	29,81	31,20	30,00
	Média das testemunhas	29,06	31,74	33,06	31,29
	Média geral	29,07	30,31	31,47	30,28
	CV%	16,46	20,69	19,36	18,80
DEN (kg/m^3)	Média dos híbridos	446,11	438,56	422,07	435,58
	Média das testemunhas	443,34	436,60	408,53	429,49
	Média geral	445,91	437,48	420,76	434,35
	CV%	2,99	3,30	3,65	3,32

Tabela 3 – Médias dos híbridos e dos clones utilizados como testemunhas, para a circunferência à altura do peito (CAP) e densidade básica da madeira (DEN), obtidas na avaliação de cruzamentos dialélicos entre clones de *E. camaldulensis* (pais) e clones-elite (mães), aos 2 anos de idade, na análise conjunta

Table 3 – Means of the hybrids and clones used as controls for circumference at breast height (CAP) and basic wood density (DEN) obtained in the evaluation of two-year-old trees from diallel crossings of *E. camaldulensis* clones (fathers) and elite clones (mothers), in the joint analysis

Caractere	Mãe\Pai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média dos clones testemunhas
CAP(cm)	1	28,93 D	29,17 D		27,44 E	29,34 D	28,86 D			28,81 D	25,43 F	30,83 C
	2	30,56 C	31,19 C		26,28 E	31,54 C	32,62 B	33,69 A	29,56 D	32,18 B	27,41 E	29,73 D
	3	29,60 D	30,56 C		27,98 D	31,52 C	30,89 C	32,21 B	28,84 D	32,23 B	28,95 D	30,46 C
	4	29,18 D	31,66 C		26,89 E	30,74 C		32,34 B	24,72 F	27,24 E	26,90 E	34,12 A
	5				27,91 D	30,47 C		32,35 B	31,31 C	31,64 C	28,36 D	
	6	34,09 A	33,81 A	33,06 B				33,10 B		28,58 D		
DEN (Kg/m ³)	Mãe\Pai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média dos - testemunha
	1	438,17 B	438,21 B		439,06 B	443,31 A	440,24 B			436,48 B	446,54 A	434,14 C
	2	437,03 B	430,40 C		432,36 C	437,68 B	433,18 C	434,37 C	436,20 B	427,92 D	435,38 B	428,95 D
	3	435,77 B	435,81 B		434,93 B	439,21 B	442,41 A	439,88 B	436,67 B	431,18 C	434,92 B	421,09 E
	4	439,20 B	437,18 B		433,39 C	442,13 A		443,08 A	443,71 A	431,25 C	438,46 B	433,78 C
	5				431,68 C	439,36 B		431,07 C	427,22 D	423,62 E	428,04 D	
	6	432,99 C	430,46 C	431,64 C				438,30 B		425,40 D		

Para a mesma característica, tratamentos com a mesma letra pertencem ao mesmo grupo ($P < 0,05$), pelo teste de Scott e Knott (1974).
For the same character, treatments with the same letter are in the same group ($P < 0,05$), by the Scott and Knott test (1974).

No caso da Aracruz Celulose S.A., a faixa de densidade básica da madeira adotada atualmente é de 500,0 a 550,0 kg/m³. Tomando como referência novamente o clone 4, a densidade básica desse clone, aos 7 anos de idade, é de 575,0 kg/m³ (AGUIAR, 2004)¹. Verifica-se que, aos dois 2 de idade, o clone 4 apresentou densidade inferior à obtida na idade de corte das árvores (Tabela 3). Contudo, como a densidade apresenta ligeiro aumento com a idade, é interessante comparar a densidade básica dos híbridos obtidos com a desse clone. Chama-se a atenção o fato de que 61,3% dos híbridos (27 combinações) apresentaram desempenho médio superior ao do clone 4.

O resultado da análise de variância do dialélico indica que o desempenho dos híbridos dependeu tanto da capacidade geral de combinação (CGC) dos genitores do grupo 1 e grupo 2 quando da capacidade específica de combinação (CEC). Isso porque, em todos os casos, o teste de F foi significativo ($P < 0,01$) para essas fontes de variação (Tabela 4). Embora ocorressem diferenças significativas em todos os casos, a contribuição relativa da soma de quadrados dessas fontes de variação para a variação total foi diferente. Para a CAP, constata-se que 72,9% da soma de quadrados atribuída aos híbridos foram explicadas pela CGC e apenas 27,1% pela CEC. Para a DEN, a contribuição da CGC (81,5%) também foi bem superior à da CEC (18,5%).

A capacidade geral de combinação de um parental corresponde ao desvio de seu desempenho médio em combinações híbridas. Quando existe predominância de CGC, isso indica que no controle do caráter há predominância dos efeitos aditivos. Já a CEC é estimada como desvio do comportamento em relação ao que seria esperado com base na CGC. Assim, ela avalia a contribuição dos efeitos não aditivos, dominância ou epistasia, na expressão dos caracteres (CRUZ et al., 2004). Portanto, em princípio, os resultados possibilitaram inferir que no controle genético desses caracteres há predominância de efeitos aditivos, embora a dominância também seja importante. A ocorrência de efeitos aditivos na expressão de caracteres de *Eucalyptus* é frequente na literatura (PAULA et al., 1996). A presença de dominância também tem sido relatada

¹ AGUIAR, A.M. Comunicação pessoal. 2004. (Aracruz Celulose S.A., Centro de Pesquisa e Tecnologia, 29.197-900 Aracruz, Espírito Santo, Brasil).

em algumas oportunidades. A estimativa do grau médio de dominância obtido no cruzamento entre *E. grandis* x *E. urophylla*, para o caráter volume de madeira, aos 3 anos de idade, foi de 0,6 (REZENDE e RESENDE, 2000). Resultados semelhantes foram relatados sobre o híbrido *E. urophylla* x *E. pellita* (BOUVET e VIGNERON, 1996). Em híbridos envolvendo progênes de *E. grandis* x *E. urophylla* foi constatado que a heterose média para CAP foi de 38,7% (BISON et al., 2006). Isso comprova que a variância de dominância contribui para a manifestação do caráter volume de madeira. Já para a densidade da madeira os resultados encontrados na literatura indicam que a variância de dominância tem menor importância na manifestação dessa característica (ASSIS, 2000). Esses resultados concordam com os obtidos neste trabalho. Resultados semelhantes foram obtidos por Bison et al. (2007) em um dialelo parcial, conduzido nos mesmos locais, envolvendo os mesmos clones-elite com clones de *E. globulus*.

As estimativas da capacidade de combinação nos cruzamentos dialélicos entre clones de *E. camaldulensis* x clones-elite, para a CAP e a DEN, são apresentadas na Tabela 5. Para a CAP, observou-se, no grupo 1 (clones-elite), que os clones com estimativa da CGC positiva foram os de números 2, 5 e 6 (Tabela 5). A princípio, era esperado que o clone 4 apresentasse CGC positiva, pois ele possuía média alta. Provavelmente, esse clone é vigoroso devido à ocorrência da maioria dos locos em heterozigose e, ou, a presença de combinações epistáticas favoráveis que são desfeitas por ocasião do cruzamento. Esse fato é justificado pela sua grande depressão quando autofecundado (BISON et al., 2004). É esperado que os clones com CGC positiva devem ter maior frequência de locos com alelos favoráveis em homozigose. Desse modo, fica fácil explicar a menor

estimativa da CGC do clone 4 para a CAP. No grupo 2 (*E. camaldulensis*), os clones com CGC positiva foram os de números 2, 5, 6 e 7. Vale salientar que o clone 3 participou de apenas uma combinação híbrida, e, portanto, a sua estimativa de CGC, embora positiva, não é comparável às demais.

Considerando-se apenas um loco, a capacidade de combinação (CC) é obtida pela expressão: $CC = (p_i - \bar{p})[\alpha + (1 - 2\bar{r})\delta]$, em que p_i é a frequência do alelo favorável para o referido loco no genitor sob avaliação; \bar{p} é a frequência alélica média dos genitores do mesmo grupo; \bar{r} é a frequência alélica média dos genitores do outro grupo; α é a contribuição do loco em homozigose em relação à média e δ é a contribuição do heterozigoto em relação à média. A capacidade de combinação depende, assim, da contribuição dos efeitos aditivos (α) e de dominância (δ). Neste último caso, a contribuição será possível se o testador (genitor do outro grupo) apresentar frequência alélica média inferior a 0,5 (VENCOVSKY, 1987). No caso da circunferência à altura do peito, maior variação da CGC ocorreu entre os clones do grupo 2, *E. camaldulensis*, ou seja, no grupo com menor frequência de alelos favoráveis para o referido caráter. O contrário foi observado com relação à densidade básica da madeira.

Já a capacidade específica de combinação (CEC) é obtida pela expressão: $CEC = 2[(\bar{p} - p_i)(r_i - \bar{r})]\delta$ (VENCOVSKY, 1987). Assim, a CEC depende da divergência entre os genitores e da ocorrência de dominância. Como os genitores pertencem a “pools” gênicos diferentes e também são de origens diferentes, infere-se que a CEC foi de menor magnitude devido à pequena contribuição da dominância na expressão dos caracteres, especialmente para a densidade básica da madeira.

Tabela 4 – Resumo das análises de variância do dialelo parcial, considerando-se a média dos três locais, para a circunferência à altura do peito (CAP) e a densidade básica da madeira (DEN), obtidas na avaliação de cruzamentos entre clones de *E. camaldulensis* e clones-elite, aos 2 anos de idade

Table 4 – Summary of the analyses of variance of the half-diallel, considering the mean of the three places for circumference at breast height (CAP) and basic wood density (DEN) obtained in the evaluation of two-year-old trees from crossings between *E. camaldulensis* and elite clones

FV ¹	GL	CAP (cm)			DEN (kg/m ³)		
		SQ	QM	P	SQ	QM	P
CGC1	5	4010,35	802,07	0,01	47492,55	9488,51	0,01
CGC2	9	10598,13	1177,57	0,01	39760,65	4417,85	0,01
CEC	29	5436,34	187,46	0,01	19744,07	680,83	0,01
Erro	4473	145059,38	32,43		928907,91	207,67	

¹/ CGC1 – Capacidade geral de combinação dos clones de *E. grandis* e *E. urophylla*. CGC2 – Capacidade geral de combinação dos clones de *E. camaldulensis*.

²/ CGC1 – General combining ability for the *E. grandis* and *E. urophylla* clones; CGC2 – General combining ability for the *E. camaldulensis* clones.

Tabela 5 – Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação do grupo 1 (CGC_1), capacidade geral de combinação do grupo 2 (CGC_2) e capacidade específica de combinação (CEC_{ij}), para a circunferência à altura do peito (CAP) e densidade básica da madeira (DEN), obtidas na avaliação de cruzamentos dialélicos entre clones de *E. camaldulensis* (pais) e clones-elite (mães), aos 2 anos de idade, na análise conjunta

Table 5 – Estimate of the effects of the general combining ability of group 1 (CGC_1), general combining ability of group 2 (CGC_2) and specific combining ability (CEC_{ij}), for the circumference at breast height (CAP) and basic wood density (DEN) obtained in the evaluation of two-year-old trees from diallel crossings of *E. camaldulensis* clones (fathers) and elite clones (mothers) in the joint analysis

Caractere	Mãe\Pai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CGC_1
CAP (cm)	1	-0,04 ¹	-0,62		1,38*	0,00	-0,61			0,27	-0,62	-1,62*
	2	0,67	-0,86		-2,04*	-0,06	0,89*	0,77	0,36	1,38*	-0,90	0,64*
	3	-1,24*	-1,11*		0,04	0,31	-0,46	-0,32	0,02	1,81*	1,03*	0,26
	4	0,22	1,44*		0,40	0,97*		1,25*	-2,65*	-1,73*	0,43	-1,19*
	5				-0,58	-1,29*		-0,73*	1,95*	0,67	-0,11	0,80*
	6	2,10*	0,99*	!				-0,58		-2,99*		1,40*
	CGC_2	0,47	1,29*	1,54*	-2,43*	0,84*	0,97*	2,16*	-1,56*	0,04	-2,45*	
DEN (Kg/m ³)	Mãe\Pai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CGC_2
1	1	-2,70 *	-0,46		-0,08	-1,87	-2,38			1,75	4,97 *	5,15 *
	2	3,32 *	-1,11		0,38	-0,34	-2,28 *	-2,05	1,41	0,35	0,97	-2,01 *
	3	-0,98 ¹	1,26		-0,08	-1,84	3,91 *	0,42	-1,16	0,57	-2,52 *	1,02 *
	4	0,59	0,77		-3,48 *	-0,79		1,76	4,02 *	-1,22	-0,85	2,88 *
	5				3,44 *	5,07 *		-1,62	-3,84 *	-0,22	-2,64 *	-5,74 *
	6	-0,19	-0,52	!				2,41 *		-1,64		-2,55 *
	CGC_1	0,21	-1,99 *	-1,33	-1,52 *	4,52 *	1,96 *	2,92 *	1,29	-5,93 *	0,91	

¹ CEC_{ij} - parte interna da tabela; * - significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t; ! - CEC_{ij} não estimada.

² CEC_{ij} - into the table; * - significant at 5% of probability, by the t test; ! - CEC_{ij} not estimated.

Entre os cruzamentos com CEC positiva, é interessante escolher aqueles cujos pais apresentam CGC positiva. As médias dos cruzamentos também devem ser levadas em consideração para a escolha das melhores combinações. Desse modo, os cruzamentos que mais se destacaram foram os de números 2 x 7, 6 x 1, 6 x 2, 6 x 3 e 6 x 7 (Tabela 5).

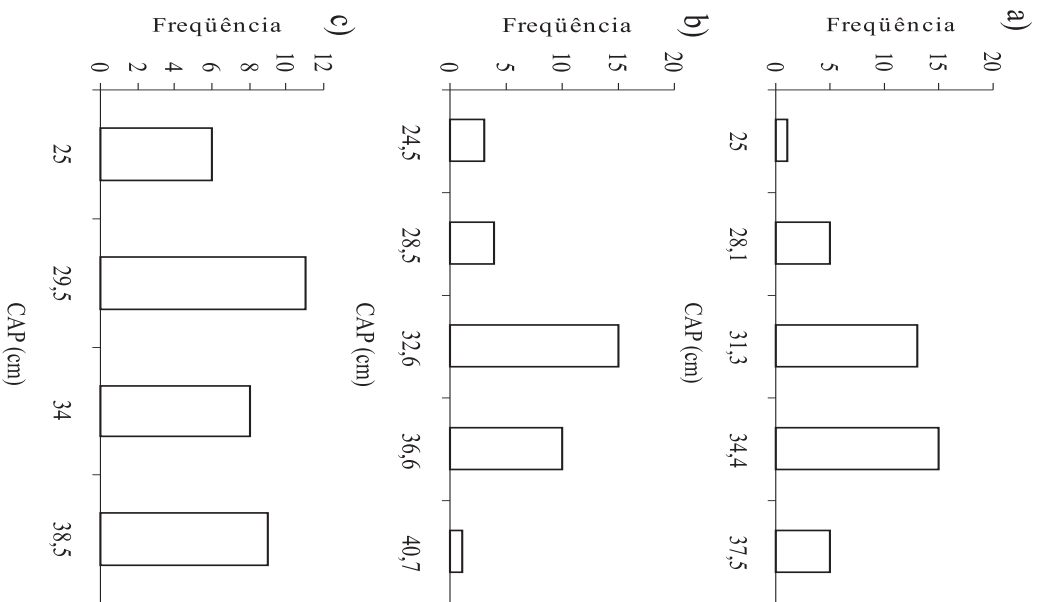


Figura 1 – Distribuição de frequência das plantas dentro das combinações híbridas 6 x 1 (a), 6 x 3 (b) e 6 x 7 (c) entre clones-elite x *E. camaldulensis*, para a circunferência à altura do peito (CAP), em Aracruz, ES.

Figure 1 – Frequency distribution of the plants within the hybrids 6 x 1 (a), 6 x 3 (b) and 6 x 7 (c) between elite clones x *E. camaldulensis*, for the circumference at breast height (CAP), in Aracruz, ES.

Considerando a DEN, os clones que apresentaram CGC positiva no grupo 1 foram os de números 1, 3 e 4 (Tabela 5). No grupo 2, os clones que apresentaram CGC positiva foram os de números 5, 6, e 7. Nesse grupo, os genitores com CGC positiva também apresentaram CGC positiva para a CAP, evidenciando-se que possuem maior frequência de alelos favoráveis, em relação aos demais genitores do grupo 2, quanto às duas características. Os cruzamentos que se destacaram com base na estimativa da CEC e nas médias foram os de números 1 x 10, 3 x 6, 4 x 7 e 4 x 8 (Tabela 5).

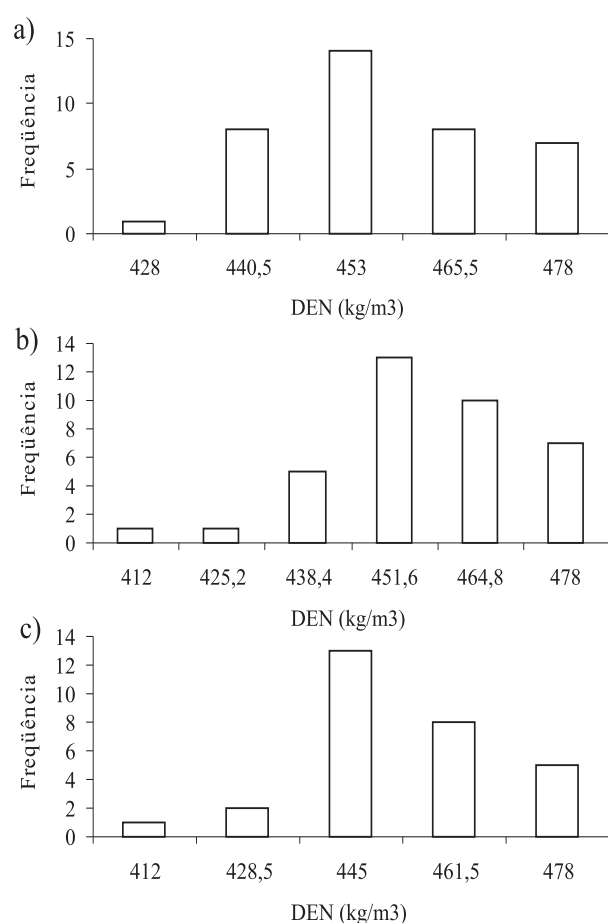


Figura 2 – Distribuição de frequência das plantas dentro das combinações híbridas 1 x 10 (a), 3 x 6 (b) e 4 x 7 (c) entre clones-elite x *E. camaldulensis*, para a densidade básica da madeira (DEN), em Aracruz, ES.

Figure 2 – Frequency distribution of the plants within the hybrids 1 x 10 (a), 3 x 6 (b) and 4 x 7 (c) between elite clones x *E. camaldulensis*, for the basic wood density (DEN), in Aracruz, ES.

No caso de uma espécie em que as informações são obtidas por indivíduo, como no eucalipto, grande vantagem do dialelo é que, ao mesmo tempo que se identifica o cruzamento com maior média, pode-se ter, sem esforço adicional, a estimativa da variabilidade dentro do cruzamento. Desse modo, pode-se identificar a população segregante mais promissora para a seleção, isto é, a que associa média e variância altas. Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as distribuições de frequência da CAP e DEN de alguns cruzamentos que se destacaram no dialelo. Em todos os casos, fica evidenciado que as populações associaram média alta e variabilidade, condições essas necessárias para se ter sucesso com a seleção.

Para a seleção de indivíduos, a alternativa seria a utilização da seleção combinada, conforme preconizado por Resende (2002) e por Bueno Filho e Vencovsky (2000), considerando-se o desempenho de cada indivíduo e também o desempenho da combinação híbrida a que ele pertence.

4. CONCLUSÕES

Os cruzamentos envolvendo clones-elite de *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. saligna* com clones de *E. camaldulensis* mostraram-se promissores, tanto para a obtenção de ganhos em volume quanto na qualidade da madeira.

A capacidade geral de combinação explicou a maior parte da variação entre os híbridos; assim, a interação alélica aditiva deve ser predominante no controle dos caracteres, especialmente no caso da densidade da madeira.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa de estudos; e à empresa Aracruz Celulose S.A., pela oportunidade de desenvolver este trabalho em conjunto com a Universidade Federal de Lavras.

6. REFERÊNCIAS

- ASSIS, T. F. Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In: HYBRID BREEDING AND GENETICS OF FOREST TREES, 2000, Noosa. **Proceedings...** Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p.63-74.
- BISON, O. et al. Inbreeding depression in *Eucalyptus* clones. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.4, p.459-464, 2004.

- BISON, O. et al. Comparison between open pollinated progênies and hybrids performance in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla*. **Silvae Genetica**, v.55, n.1, p.4-5, 2006.
- BISON, O. et al. Combining ability of elite clones of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* with *Eucalyptus globules*. **Genetics and Molecular Biology**, v.30, n.2, p.417-422, 2007.
- BOUVET, J. M.; VIGNERON, P. Variance structure in *Eucalyptus* hybrid populations. **Silvae Genetica**, v.45, n.2/3, p.171-177, 1996.
- BUENO FILHO, J. S. S.; VENCOVSKY, R. Efficiency of combined selection over sequential selection in forest tree progeny trials. **Silvae Genetica**, v.49, n.4/5, p.169-173, 2000.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 480p.
- GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v.11, n.2, p.419-430, 1988.
- GONÇALVES, G. A. et al. Resposta na segunda rotação pela seleção efetuada na primeira, em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis* Hill. **Revista Árvore**, v.21, n.3, p.337-384, 1997.
- GONÇALVES, F. M. A. et al. Progresso genético por meio da seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista Árvore**, v.25, n.3, p.295-301, 2001.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal Biological Science**, v.9, p.463-493, 1956.
- PAULA, R. C. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH, II. Eficiência de utilização de nutrientes. **Revista Árvore**, v.20, n.4, p.483-493, 1996.
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística: no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.
- REZENDE, G. D. S. P.; RESENDE, M. D. V. Dominance effects in *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* and hybrids. In: HYBRID BREEDING AND GENETICS OF FOREST TREES, 2000, Noosa. **Proceedings...** Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p.93-100.
- SAS Institute. **SAS: user's guide statistical version 8.0**. ed. Cary, 2000.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analyses method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. D. **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.135-214.
- VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Contribuições do melhoramento genético de plantas no Brasil. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p.57-89.